نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۲۴۵-۲۳۵

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 3, Fall 2012, p. 235-245

اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

امید محسن نیا[۱] و جلال جلیلیان[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. تیمارها شامل، آبیاری کامل (I_1)، قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (I_2) و زایشی (I_3)، به عنوان کرت‌های اصلی و منابع کودی شامل بدون کود (شاهد) (C)، اوره (U)، کود آلی هیومیکس (O)، بیولوژیک (نیتروکسین (N) و بیوسولفور (B))، تلفیقی: (اوره + هیومیکس + نیتروکسین) (T_1) و (اوره + هیومیکس + بیوسولفور) (T_2)، به عنوان کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش کم‌آبی و منابع کودی بر تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن گلرنگ معنی‌دار بود. بیشترین تعداد طبق در بوته (۱۸/۳) در تیمار I_1T_2 و کمترین تعداد آن (۱۰/۴) در I_2U دیده شد. بالاترین (۴۴/۷ گرم) و پایین‌ترین (۳۲/۰۵ گرم) وزن هزار دانه نیز به ترتیب در تیمارهای I_3T_2 و I_1O بدست آمد. تیمارهای I_1B و I_3C به ترتیب بیشترین و کمترین میزان روغن را دارا بودند. از تیمار I_1، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۸۸۱۹/۶ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد، در حالیکه کمترین مقدار آن در تیمارI_2 مشاهده شد. تیمارهای آبیاری I_1 و I_2 بیشترین و کمترین وزن دانه در طبق و عملکرد دانه را دارا بودند. بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۸۳۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار T_2 و کمترین مقدار آن (۱۸۴۵/۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار بدون کود بدست آمد. به طور کلی، اعمال تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی باعث بیشترین کاهش در اکثر صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ شد. در بین منابع کودی، تیمار کود تلفیقی (اوره + هیومیکس + بیوسولفور) بیشترین اثر مفید بر تولید گلرنگ داشت.

واژه‌های کلیدی: قطع آبیاری، کود آلی، کود زیستی، میزان روغن

مقدمه

امنیت غذایی در کنار حفظ محیط زیست به یک موضوع مهم جهانی در دهه‌های اخیر تبدیل شده است، در جهان امروز که با رشد روز افزون جمعیت مواجه هستیم، اهمیت مدیریت کاربرد کودهای شیمیایی و عناصرغذایی بیشتر مشخص می‌شود (Ghafari et al., 2010). نتایج حاصل از مطالعات و بررسی‌های انستیتو تغذیه ایران حاکی از آن است که ۲۱ درصد از انرژی روزانه مردم کشورمان از طریق مصرف روغن تأمین می‌شود. از طرفی، تولید دانه‌های روغنی به حداقل رسیده، به طوریکه بیش از سه میلیون تن در سال، دانه روغنی، روغن خام و کنجاله وارد و بیش از ۲/۵ میلیارد دلار ارز از کشور خارج می‌شود (IVOI, 2011). بنابراین، افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد آن‌ها برای کاهش وابستگی به کشورهای دیگر ضروری است (Kafi & Rostami, 2007). از طرفی، با توجه به محدودیتی که از لحاظ منابع آبی و خاکی در کشور وجود دارد، امکان در اختیار گرفتن اراضی جدید برای توسعه کشت دانه‌های روغنی، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. از این‌رو، بیشتر فعالیت‌ها باید روی افزایش عملکرد در واحد سطح، متمرکز شود که می‌توان از طریق اجرای پروژه‌های به‌نژادی و به‌زارعی، راندمان تولید این محصولات را در واحد سطح، افزایش داد. دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن و حاوی ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین می‌باشد (Khajehpour, 2004; Zainali, 1999) که بین ۷۸ تا ۹۰ درصد روغن گلرنگ را اسیدهای چرب غیراشباع ضروری (اولئیک[۳] و لینولئیک[۴]) تشکیل می‌دهند (Zainali, 1999). کمیت و کیفیت گیاهان زراعی به خصوص دانه‌های روغنی تا

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: E-mail: j.jalilian@urmia.ac.ir)

3- Oleic
4- Linoleic

حدود زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و عناصر غذایی می‌باشد. هماهنگ‌سازی نیاز گیاه با عرضه عناصر غذائی بسیار مشکل است، مخصوصاً اگر عناصر غذائی فقط از منابعی تأمین گردند که چرخه آنها نیازمند واسطه‌گری میکروارگانیسم‌ها و مشمول تجزیه طیفی از مواد آلی متنوع باشند. با وجود این به نظر می‌رسد که در نظام‌های کشتی که از هر دو راهکار کوددهی، یعنی کودهای شیمیایی و آلی استفاده می‌شود، دستیابی به کارآیی بهینه استفاده از عناصر غذائی امکان پذیر باشد (Asadi Rahmani et al., 2007). امروزه به دلیل استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، مواد آلی زمین‌های کشاورزی در ایران کاهش یافته و ترکیب خاک به بافت سخت و نامطلوبی تبدیل شده است (Naghavi Maremati et al., 2007)، در حالیکه جایگزینی آن‌ها با کودهای آلی و زیستی نقش مهمی را در سلامتی محیط زیست ایفا می‌کند (Chandrasekar et al., 2005). کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای بیولوژیکی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌گردند (Rajendran & Devarj, 2004; Chen, 2006; Vessey, 2003). از جمله کودهای زیستی که حاوی ریز موجودات متعددی هستند می‌توان به *ازتوباکتر*، نیتروکسین، تیوباسیلوس، بیوسولفور و میکوریزا اشاره کرد (Blak, 2003). باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پر مصرف و ریز مغذی مورد نیاز گیاه، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی بیوتیک، سیانید هیدروژن و سیدروفور را نیز بر عهده دارند و موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان، محافظت از ریشه‌ها در برابر عوامل بیماریزای خاکزی و در نتیجه افزایش محصول می‌گردد (Gilik et al., 2001). کود بیولوژیک بیوسولفور به منظور تسریع در اکسیداسیون گوگرد گرانوله آلی، تغییر pH خاک، فراهم نمودن شرایط ایده‌آل برای جذب عناصر ریز مغذی و پر مصرف مورد نیاز گیاهان مختلف در خاکهای آهکی و قلیایی به استثنای مزارع برنج کاربرد دارد. به علاوه، هر یک از گونه‌های این جنس می‌تواند طیف خاصی از مواد گوگردی را اکسیده کند.

در تحقیق میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) مشخص شد که تلقیح بذر گلرنگ بهاره با باکتری آزادزی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریز علاوه بر افزایش عملکرد دانه و روغن، موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر عوامل نامساعد محیطی و بهبود کیفیت محصول می‌گردد. نتایج مطالعه هادی و همکاران (Hadi et al., 2011) روی بررسی تأثیر *آزوسپیریلوم لیپوفروم* بر ویژگی‌های گیاهچه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) حاصل از بذر شرایط کم‌آبی نشان داد که تلقیح با این باکتری بهبود خصوصیات جوانه‌زنی را در مقایسه با شاهد موجب شد. بدین ترتیب، آنها تلقیح با کودهای بیولوژیکی از جمله کودهای نیتروژنه را برای بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه آفتابگردان توصیه نمودند. بشارتی و صالح راستین (Besharati & Saleh-Rastin, 2001) اظهار داشتند که استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با مصرف گوگرد در خاک، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی ذرت (*Zea mays* L.) را به طور معنی‌داری بهبود می‌بخشد. توحیدی مقدم و همکاران (Tohidi Moghadam et al., 2007) بیشترین تعداد غلاف در هر گیاه، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد فسفر دانه سویا (*Glycine max* L.) را بر اثر تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک همراه با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵ کیلوگرم در هکتار اوره به دست آوردند. همچنین گزارش شده است که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آنها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل نیتروژنی و کارآیی جذب فسفر می‌شود (Brussard & Ferrera-Cenato, 1997). تعادل عناصر غذایی در گیاهان بستگی به تأمین رطوبت خاک دارد، کمبود رطوبت خاک باعث عدم تعادل تغذیه‌ای می‌شود. در همین راستا، بهدانی و موسوی‌فر (Behdani & Mousavifar, 2011) با بررسی اثر کم‌آبیاری بر وزن خشک اندام‌های هوایی سه ژنوتیپ گلرنگ گزارش نمودند که با افزایش مدت زمان آبیاری از وزن خشک اندام‌های هوایی هر سه ژنوتیپ کاسته شد.

بدین ترتیب، با توجه به این که خشکی و کم آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیدهٔ طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و از طرفی، مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به طور روزافزونی در جامعه افزایش می‌یابد، لذا بایستی به جای تأکید بر معایب ناشی از آن در صدد مقابله با آن کمر همت بسته و به چاره‌اندیشی پرداخت. بنابراین، پژوهش حاضر، به منظور ارزیابی کاربرد سیستم‌های مختلف کودی در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و تعیین تغذیه بهینه گلرنگ در شرایط تنش کم‌آبی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۱ ثانیه از نصف‌النهار گرینویچ) با ۱۳۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. در این تحقیق اثرات دو عامل در قالب کرت‌های خرد شده با طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. کرت‌های اصلی شامل تنش کم‌آبی با سه سطح (آبیاری کامل (I_1)، قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (I_2) و قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (I_3)) و

کرت‌های فرعی شامل، تغذیه گیاهی با هفت سطح (بدون کود (شاهد) (C)، اوره (U)، کود آلی هیومیکس (O)، بیولوژیک (نیتروکسین (N) و بیوسولفور (B))، تلفیقی (اوره + هیومیکس + نیتروکسین) (T_1) و (اوره + هیومیکس + بیوسولفور) (T_2)، در نظر گرفته شدند. کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (نصف مقدار توصیه شده در زمان آماده‌سازی زمین و باقیمانده آن در مرحله ۶-۵ برگی) مصرف شد. نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* sp. بود و به میزان دو لیتر در هکتار و به صورت بذر مال استفاده شد. بیوسولفور نیز حاوی میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد از جنس *Thiobacillus* ssp. بوده و به میزان پنج کیلوگرم در هکتار استفاده شد. همچنین کود آلی هیومیکس (حاوی ۱۲ درصد اسید فولیک، ۶۸ درصد اسید هیومیک و ۱۵-۱۳ درصد پتاسیم) بود و به میزان دو کیلوگرم برای یک تن بذر به صورت بذر مال استفاده شد. کود آلی هیومیکس ۹۵ (Humix 95) ساخته شده توسط شرکت Ferti-buy، کشور چین می‌باشد که در ایران توسط شرکت آرمان سبز آدینه توزیع می‌گردد. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO)، تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. تمامی عملیات بذرمال کردن کودها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید صورت گرفت که شامل قرار دادن بذور به مدت۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر (CUF) بود و بلافاصله پس از خشک شدن بذرها در سایه، اقدام به کاشت گردید. از زمین محل اجرای آزمایش قبل از کشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و اقدام به تجزیه خاک شد (جدول ۱).

مرحله رشدی V_{15} و $R_{3.2}$ به عنوان مراحل اعمال تیمارهای قطع آبیاری در موقع رشد رویشی و زایشی در نظر گرفته شدند (Tanaka et al., 1997)، آبیاری کامل (I_1) بر اساس عرف منطقه هر هشت روز یکبار صورت می‌گرفت و همچنین ادامه قطع آبیاری در مراحل رشد رویشی (I_2) و زایشی (I_3) تا زمان بروز آثار پژمردگی در گیاهان در ساعات غیر از ظهر و همچنین از طریق اندازه‌گیری وزنی رطوبت خاک صورت می‌گرفت که معیار، کاهش میزان رطوبت خاک تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی خاک بود (جدول ۱). میزان آب مصرفی در هر یک از تیمارهای آبیاری با استفاده از پارشال فلوم اندازه‌گیری شد، مقدار کلی آب مصرفی در شرایط آبیاری کامل (I_1)، قطع آبیاری در مراحل رشد رویشی (I_2) و قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی (I_3) به ترتیب ۷۵۹۹، ۶۴۷۹ و ۵۳۲۲ متر مکعب در هکتار بود. هر واحد آزمایشی به ابعاد ۴/۴ متر عرض در دو متر طول در نظر گرفته شد که مشتمل بر هشت ردیف به صورت جوی و پشته بودند. فاصلهٔ بین ردیف‌ها به طور ثابت برای تمامی واحدهای آزمایش ۵۵ سانتی‌متر و فواصل بین بوته‌ها در روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. تمام اندازه‌گیری‌ها در هر پلات، پس از حذف حاشیه (دو ردیف از طرفین و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها)، در چهار ردیف وسطی و بر روی دو بوته متوالی از ردیف اول، سه بوته متوالی از ردیف دوم و سه بوته متوالی از ردیف سوم و دو بوته متوالی از ردیف چهارم، صورت گرفت. وزن پر طبق، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن گلرنگ از جمله صفات مورد بررسی بودند. از دستگاه سوکسله به منظور اندازه‌گیری روغن بذر گلرنگ استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS-9.1 انجام گرفت (SAS Institute, 2003)، همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[1] در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil Physic-chemical properties in experimental site

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک (pH)	کربن آلی (درصد) OC (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	ظرفیت زراعی (درصد) F.C* (%)	نقطه پژمردگی دائم (درصد) PWP* (%)
لومی رسی Clay loam	0.54	7.15	0.94	0.094	11.6	395	27.99	14.5

*F.C: ظرفیت زراعی و PWP: نقطه پژمردگی دائم

*F.C: Field Capacity and PWP: Permanent Wilting Point

1- Least Significant Difference

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش‌های مختلف کم آبی و تیمار کودی

Table 2- Analysis of variance (mean comparisons) of yield and yield components of safflower under water deficit stress and fertilizer treatment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	وزن پر طبق Head weight full	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seeds per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	میزان روغن Oil content
بلوک Block	2	0.018 ns	0.58 ns	16.10 ns	0.002 ns	0.423 ns	31926.19 ns	1349761.1 ns	11.44 ns	1.94 ns
تنش کم‌آبی (A) Water deficit stress (A)	2	0.546 ns	94.28 **	341.06 ns	0.219 *	76.6 **	4605921.3 **	57712063.1**	76.72 ns	11.02 ns
اشتباه کرت اصلی (Ea) Main plot error (Ea)	4	0.161	1.59	59.09	0.015	4.17	214573.6	2658215.3	30.59	9.84
تیمار کودی (B) Fertilizer (B)	6	0.272 **	13.23 **	149.59 **	0.155 **	18.18 **	1291913.3 **	7836898.4 **	83.38 *	12.04 **
تنش کم‌آبی × تیمارکودی A × B	12	0.063 ns	2.10 *	37.65 ns	0.068 ns	16.94 **	96456.4 ns	1012537.6 ns	50.49 ns	7.44 **
اشتباه آزمایشی (Eb) Sub plot error (Eb)	36	0.062	0.884	20.95	0.037	3.23	94373.3	937154.6	27.05	2.20
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		8.51	6.83	14.98	16.64	4.58	12.61	13.83	14.28	6.27

ns، * و ** به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

نتایج و بحث

اثر متقابل تنش کم‌آبی در تیمار کودی به استثنای تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن بر سایر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲)، بر این اساس بیشترین، تعداد طبق در بوته (به میزان ۱۸/۳ طبق) در شرایط آبیاری کامل (I_1) و تغذیه شده با تیمار تلفیقی T_2 و کمترین تعداد آن (۱۰/۴ طبق) در I_2U دیده شد. به عبارت دیگر، قطع آبیاری در زمان رشد رویشی (I_2) و تیمار کودی اوره تعداد طبق در بوته را به میزان ۴۳/۲ درصد نسبت به شرایط I_1 و تیمار کودی T_2 کاهش داد (جدول ۶). به طور کلی، تعداد شاخه فرعی در بوته و تعدا طبق در بوته در نتیجه ترکیب ساختار ژنتیکی و شرایط محیطی است که نقش برجسته‌ای در عملکرد نهایی دانه بازی می‌کند. اعمال قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی می‌تواند مانع رشد جوانه‌های جانبی شده و تعداد شاخه فرعی را کاهش داد، در نتیجه سبب کاهش تعداد طبق در بوته شود (Hayashi & Hanada, 1985).

محققان دیگر نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند، به طوری‌که در آزمایشی مشخص شد که با افزایش شدت تنش خشکی در گلرنگ، از تعداد طبق در بوته کاسته شد (Haghighat Nia, 2011).

بیشترین وزن هزار دانه (۴۴/۷ گرم) از تیمار تلفیقی T_2 و در شرایط آبیاری I_3 بدست آمد، در حالی که کمترین میزان آن (۳۲/۰۵ گرم) در تیمار کود آلی هیومیکس و در شرایط I_1 دیده شد (جدول ۶). بالا بودن وزن هزار دانه در تیمار I_3T_2 کارآیی بهتر در تلفیق کود ارگانیک با بیوسولفور و کود شیمیای نسبت به کاربرد تنهای کود ارگانیک را نشان می‌دهد که این یافته را می‌توان از طریق کارآیی بهتر سیستم‌های تلفیقی در افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک نسبت به سایر سیستم‌ها توجیه کرد (Shyalaja & Swarajy Alakshmi, 2004). همچنین بیشتر بودن وزن هزار دانه در تیمار I_3 نسبت به آبیاری کامل را می‌توان به کاهش تعداد دانه در طبق در اثر قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی، و در نتیجه افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به هر دانه مرتبط دانست. افزایش وزن هزار دانه در شرایط قطع آبیاری توسط امیدی (Omidi, 2009)، نیز گزارش شده است، این محقق با بررسی اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره، با قطع آبیاری در مرحله تکمه‌زنی شاهد افزایش وزن هزار دانه بود که دلیل آن را کاهش تعداد دانه در طبق در اثر قطع آبیاری در مرحله تکمه زنی و و پرشدن کامل دانه به دلیل انجام آبیاری در مراحل بعدی گزارش کرد.

عملکرد بیولوژیک شامل کل وزن خشک اندام هوایی گیاه است. نتایج تجزیه واریانس این صفت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد بود (جدول۲). بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۸۸۱۹/۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل (I_1) بدست آمد، در حالیکه کمترین مقدار آن (۵۵۷۶/۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (I_2) بدست آمد (جدول۳). کاهش عملکرد بیولوژیک ناشی از کاهش تجمع ماده خشک است و از آنجائی که در مرحله V_{15} هنوز گیاه با سرعت تقریباً زیادی ماده خشک را تجمع می‌دهد، قطع آبیاری در این مرحله باعث آسیب زیادی به ماده خشک تجمعی و در نهایت عملکرد بیولوژیک می‌شود، در حالی که با قطع آبیاری در مراحل پایانی رشد یعنی تیمار I_3 میزان خسارت کمتر می‌شود. برخی از محققان نیز با بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گلرنگ گزارش کردند که کاهش تجمع ماده خشک یکی از اولین عوامل در گیاه است که با قطع آبیاری دچار افت می‌شود و هر چه قطع آبیاری در مراحل رشد سریع گیاه باشد میزان خسارت آن زیادتر خواهد شد؛ به طوریکه کاهش میزان آب در دسترس گیاه در اواخر مراحل رشد تأثیرکمتری بر عملکرد بیولوژیک گیاه دارد (Abulhashem et al., 1998; Omidi, 2009).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف گلرنگ در تنش‌های متفاوت کم آبی

Table 3- Comparison of means of different characteristics of safflower in water deficit stress

تنش کم‌آبی Water deficit stress	وزن دانه در طبق (گرم) Weight of seed per head (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield (kg. ha^{-1})
آبیاری کامل (I_1) Full irrigation (I_1)	1.27 a*	2952.51 a	8819.64 a
قطع آبیاری در مرحله V_{15} (I_2) Irrigation withhold in V_{15} growth stage (I_2)	1.08 b	2040.65 b	5576.87 b
قطع آبیاری در مرحله $R_{3.2}$ (I_3) Irrigation withhold in $R_{3.2}$ growth stage (I_3)	1.11 b	2311.53 b	6599.92 b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means within a column followed by the same letter(s) are not significantly different based on LSD test at α=0.05.

همچنین تیمار کودی نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۲)، به طوریکه بیشترین مقدار آن در تیمار تلفیقی T_2 به میزان ۸۱۰۹/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد، تیمار شاهد نیز عملکرد بیولوژیک را به میزان ۳۲/۷ درصد نسبت به تیمار تلفیقی کاهش داد (جدول ۴).

بیشترین مقدار عملکرد دانه به میزان (۲۸۳۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کودی T_2 بدست آمد و کمترین مقدار آن (۱۸۴۵/۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد بود، در واقع عملکرد دانه در تیمار بدون کود به میزان ۹۸۴/۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار T_2 کاهش یافت (جدول ۴). بالا بودن عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار تلفیقی نسبت به بدون کود را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که تیمار تلفیقی T_2 شامل کود اوره، کود آلی و کود بیوسولفور بوده که عناصر نیتروژن، اسید فولیک، اسید هیومیک و پتاسیم و گوگرد را توانسته در اختیار گیاهان تحت این تیمار قرار دهد و بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، به دنبال آن فتوسنتز به خوبی انجام شده و تجمع مواد پرورده به میزان کافی صورت خواهد گرفت.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر تنش کم‌آبی بر وزن دانه در طبق و عملکرد دانه است (جدول ۲)، به طوریکه بیشترین مقدار وزن دانه در طبق (۱/۲۷ گرم) و عملکرد دانه (۲۹۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل (I_1) مشاهده شد و کمترین مقدار آن‌ها تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (I_2) به میزان ۱/۰۸ گرم و ۲۰۴۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که شرایط آبیاری I_2، وزن دانه در طبق و عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۱۴/۹ درصد و ۳۰/۸ درصد نسبت به شرایط I_1 کاهش داد (جدول ۳). کاهش وزن دانه در طبق و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری مطلوب را می‌توان به کاهش فتوسنتز و ماده سازی در گیاه تحت شرایط تنش نسبت داد چرا که کاهش فتوسنتز خالص و کاهش مواد غذایی انتقال یافته از برگ به دانه از پی‌آمدهای تنش کمبود آب است که باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. در بررسی صفات زراعی ژنوتیپ‌های گلرنگ در دو رژیم رطوبتی، گزارش شده است که عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی به میزان ۲۰/۵۸ درصد دچار افت می‌شود (Abolhasani & Saeidi, 2006). با محاسبه سهم هر متر مکعب آب مصرفی در تولید دانه و عملکرد بیولوژیک مشخص شد که به ازای هر متر مکعب آب مصرفی در تیمارهای آبیاری کامل (I_1)، (I_2) و (I_3) میزان عملکرد دانه به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۳۱ و ۰/۴۳ کیلوگرم در هکتار بود، در حالیکه میزان عملکرد بیولوژیک در این شرایط به ترتیب ۱/۱۶، ۰/۸۶ و ۱/۲۴ کیلوگرم در هکتار بود. با مقایسه مقادیر فوق، مشخص شد که بیشترین خسارت وارد شده به اکثر صفات مرتبط با عملکرد گلرنگ در تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (I_2) بود. همچنین، بیشترین تولید دانه و عملکرد بیولوژیک به ازای هر متر مکعب آب مصرفی در تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (I_3) بدست آمد (جدول ۵).

قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی نیز عملکرد دانه را به میزان ۲۱/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. همچنین در بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه گلرنگ مشخص شد که آبیاری در مراحل پایانی رشد تأثیر زیادی بر عملکرد نداشته است (Singh et al., 1995)، با این حال آزمایش‌های انجام شده توسط برخی محققان از جمله امیدی (Omidi, 2009) بیانگر آن است که قطع آبیاری در مراحل غنچه‌دهی و گلدهی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود که در این آزمایش نیز نتیجه مشابهی به دست آمد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کودی برای وزن پر طبق و تعداد دانه در طبق وجود داشت (جدول ۲). گیاهان قرار گرفته در تیمار کودی اوره بیشترین میزان وزن پر طبق، تعداد دانه در طبق را به ترتیب (به مقدار ۳/۲ گرم و ۳۹/۲ عدد) دارا بودند، در حالیکه کمترین میزان آن‌ها در تیمار کودی شاهد مشاهده شد، به عبارت دیگر، تیمار کودی شاهد (C)، وزن پر طبق را به میزان (۱۵/۳ درصد)، تعداد دانه در طبق را به میزان ۱۲/۷ عدد نسبت به تیمار کودی اوره، کاهش داد (جدول ۴)، احتمالاً فراهم شدن رشد سریع و تولید منابع فراوان برای فتوسنتز و ماده‌سازی بیشتر از طریق کاربرد کود اوره، منجر به افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه نسبت به تیمار بدون کود (شاهد) شده و به این ترتیب در طول دوره زایشی مواد معدنی تجمع یافته که می‌تواند به اندام‌های زایشی منتقل و در نهایت منجر به افزایش وزن پر طبق و تعدا دانه در طبق شود.

بیشترین وزن دانه در طبق از تیمار کودی اوره به میزان (۱/۳ گرم) و کمترین مقدار آن (یک گرم) از تیمار T_1 بدست آمد، در واقع تیمار کودی T_1 وزن دانه در طبق را به میزان ۲۷/۹ درصد نسبت به تیمار شیمیایی اوره کاهش داد (جدول ۴). تیمار کودی نیز اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشت، به طوریکه گیاهان قرار گرفته در تیمار کودی اوره بیشترین مقدار شاخص برداشت (۴۱/۰۶ درصد) را دارا بودند، در حالیکه کمترین میزان آن در تیمار بدون کود (شاهد) مشاهده شد، شاخص برداشت در تیمار کودی شاهد به میزان ۱۹/۳ درصد نسبت به تیمار کودی اوره کاهش یافت. تیمارهای کم‌آبی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشتند. عدم معنی‌دار شدن شاخص برداشت در تیمارهای مختلف آبیاری می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمارهای مختلف به طور یکسان تغییر کرده‌اند. نتایج مشابهی در ارتباط با عدم تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گلرنگ بر شاخص برداشت نیز گزارش شده است (Abulhashem et al., 1998).

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مختلف گلرنگ در تیمارهای مختلف کودی

Table 4- Mean comparisons of different characteristics of safflower in different Fertilizer treatment

تیمار کودی Fertilizer	وزن پر طبق (گرم) Head full weight (g)	تعداد دانه در طبق seeds per head	وزن دانه در طبق (گرم) Weight of seed per head (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
(اوره) (U) Urea (U)	3.27 a*	39.21 a	1.39 a	2630.55 ab	7448.91 ab	41.06 a
ارگانیک (هیومیکس)(O) Organic (Humix) (O)	2.79 b	28.85 bc	1.08 bc	2635.51 ab	7468.96 ab	34.74 bc
بیولوژیک (نیتروکسین) Biologic (Nitroxin) (N)	2.99 b	31.11 b	1.19 b	2743.20 a	7179.94 b	38.08 abc
بیولوژیک (بیوسولفور) (B) Biologic (Biosoulphour) (B)	2.92 b	29.36 bc	1.03 bc	2015.58 c	5986.53 c	38.98 ab
اوره + هیومیکس + نیتروکسین (T_1) Urea + Humix + Nitroxin (T_1)	2.81 b	30.07 bc	1.001 c	2344.16 b	7344.88 ab	33.34 c
اوره + هیومیکس + بیوسولفور (T_2) Urea + Humix + Biosoulphour (T_2)	2.96 b	28.70 bc	1.17 bc	2830 a	8109.59 a	35.49 bc
بدون کود (شاهد) (C) Control (C)	2.77 b	26.49 c	1.21 ab	1845.42 c	5452.83 c	33.12 c

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test at α=0.05.

جدول ۵- میزان آب مصرفی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گلرنگ در سطوح مختلف تنش کم آبی

Table 5- Total water used, seed yield and biological yield of safflower under different water deficit stress

تنش کم‌آبی Water deficit stress	مجموع آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) Total water used ($m^3.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)
آبیاری کامل (I_1) Full irrigation (I_1)	7599	2952.51	8819.64
قطع آبیاری در مرحله V_{15} (I_2) (I_2) Irrigation withhold in V_{15} growth stage	6479	2040.65	5576.87
قطع آبیاری در مرحله $R_{3.2}$ (I_3) (I_3) Irrigation withhold in $R_{3.2}$ growth stage	5322	2311.53	6599.92

اثر متقابل تنش کم‌آبی و منابع کودی بر درصد روغن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوریکه بیشترین درصد روغن به میزان ۲۶/۹۲ درصد در تیمار I_1B و کمترین مقدار آن از تیمار I_3C به میزان ۲۰/۶۸ درصد به دست آمد. به عبارت دیگر، درصد روغن دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (I_3) و تیمار بدون کود (C)، به میزان ۶/۲۴ درصد نسبت به تیمار بیولوژیک بیوسولفور (B) و شرایط بدون قطع آبیاری (I_1)، کاهش یافت (جدول ۶). نتایج مشابهی نیز با کاربرد تیمارهای تنش خشکی بر میزان روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (Jalilian et al., 2012) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) (Dwivedi et al., 1996) گزارش شده است. کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد (Bouchereau et al., 1996). در واقع تنش خشکی به ویژه در هنگام رسیدگی، درصد روغن را کاهش داد، ولی درصد پروتئین را افزایش می‌دهد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد. در این حالت فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود نداشته و بنابراین درصد روغن کاهش خواهد یافت (Alyari et al., 2000). تیمار کودی بیوسولفور حاوی میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد می‌باشد که منجر به افزایش جذب عناصر آهن، فسفر، روی و گوگرد توسط ریشه گیاهان می‌شود. محققین بسیاری افزایش میزان روغن دانه در اثر مصرف گوگرد را گزارش کردند. باب‌هولکار و همکاران (Babhulkar et al., 2000) با بررسی تأثیر عناصر روی و گوگرد به همراه کودهای نیتروژن و فسفر بر روی گیاه گلرنگ، گزارش کردند که افزایش سطوح گوگرد و روی باعث افزایش معنی‌داری در محتوای روغن و پروتئین دانه گردید.

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان گفت که در صورت کمبود آب در منطقه، با کاهش آبیاری در مرحله زایشی و در نتیجه صرفه جویی در مصرف آب، می‌توان عملکرد مناسبی بدست آورد. همچنین با توجه به اینکه، بیشترین خسارت وارد شده بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی مشاهده شد، تأمین نیاز آبی گلرنگ در مرحله رشد رویشی ضروری به نظر می‌رسد. در بین تیمارهای کودی مورد آزمایش در این تحقیق نیز از تیمار T_2 که شامل تلفیقی از کودهای (شیمیایی + هیومیکس +بیوسولفور)، بود بهترین نتیجه در مورد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بدست آمد، از اینرو، می‌توان این ترکیب کودی را برای گلرنگ در منطقه مورد آزمایش پیشنهاد کرد.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی در تیمار کودی بر وزن هزار دانه، تعداد طبق در بوته و محتوای روغن بذور گلرنگ

Table 6- Mean comparisons of interaction between water deficit stress and fertilizer treatments on 1000–seed weight, number of head per plant and oil content of safflower seeds

تنش کم آبی Water deficit stress	تیمار کودی** Fertilizer**	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	میزان روغن (درصد) Oil content (%)
آبیاری کامل (I_1) Full irrigation (I_1)	U	38.80 cde*	16.50 b	23.45 bcdef
	O	32.05 g	16.50 b	25.60 ab
	N	39.26 cde	16.65 b	24.66 abcde
	B	38.81 cde	15.33 bc	26.92 a
	T_1	35.40 f	16.22 b	23.31 bcdefg
	T_2	37.45 ef	18.37 a	24.53 abcde
	C	38.02 def	13.19 def	25.11 abcd
قطع آبیاری در مرحله V_{15} (I_2) Irrigation withhold in V_{15} growth stage (I_2)	U	41.65 bc	10.42 h	25.67 ab
	O	42.40 ab	12.42 efg	24.60 abcde
	N	37.85 def	12.90 defg	22.89 defgh
	B	40 bcde	10.44 h	24.34 bcde
	T_1	37.05 ef	12.72 efg	22.83 defgh
	T_2	42.30 ab	13.58 de	21.28 fgh
	C	38.80 cde	11.59 gh	25.46 abc
قطع آبیاری در مرحله $R_{3.2}$ (I_3) Irrigation withhold in $R_{3.2}$ growth stage (I_3)	U	40.65 bcd	12.58 efg	20.90 gh
	O	41.60 bc	14.31 cd	22.21 efgh
	N	38.75 cde	12.76 defg	21.36 fgh
	B	37.95 def	11.96 fgh	24.90 abcd
	T_1	38.80 cde	12.47 efg	22.42 efgh
	T_2	44.75 a	15.65 bc	23.04 cdefgh
	C	42.57 ab	12.17 efg	20.68 h

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test at α=0.05.

**تیمار کودی شامل: اوره (U)، کود آلی هیومیکس (O)، نیتروکسین (N)، بیوسولفور (B)، (اوره + هیومیکس + نیتروکسین) (T1)، (اوره + هیومیکس + بیوسولفور) (T2) و بدون کود (شاهد) (C) می‌باشد.

**Fertilizer treatments included: Urea (U), Humix as organic fertilizer (O), Biofertilizers (Nitroxin (N), Biosoulphour (B)), integrated fertilize treatments: (Urea + Humix + Nitroxin) (T_1), (Urea + Humix + Biosoulphour) (T_2), and Control (C).

منابع

1- Abolhasani, K., and Saeidi, G. 2006. Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(4): 100-108. (In Persian with English Summary)
2- Abulhashem, L., AminMajumdar, M.N., and Hossain, M. 1998. Drought stress on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized *Brassica napus* L. Crop Science 180: 129-136.
3- Alyari, H., Shekari, F., and Shekari, F. 2000. Oilseeds. Amidi Press, Tabriz, Iran 182 pp. (In Persian)
4- Asadi Rahmani, H., Asgharzadeh, A., Khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G.R. 2007. Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Jihad Daneshgahi Publications, Tehran, Iran 328 pp. (In Persian)
5- Babhulkar, P.S., Dinesh, K., Badole, W.P., Balpande, S.S., and Kar, D. 2000. Effect of sulfur and zinc on yield, quality and nutrient uptake by safflower in vertisols. Journal of the Indian Society of soil Science 48: 541-543.
6- Besharati, H., and Saleh-Rastin, N. 2001. The Survey of Biological Bacteria Application in Iran. Agricultural Training Publishing p. 293-317. (In Persian with English Summary)
7- Blak, C.A. 2003. Soil Fertility Evaluation and Control. Lewis Publisher, London 415 pp.
8- Behdani, M.A., and Mousavifar, B.E. 2011. Effect of insufficient irrigation on plant dry mater and remobilization in three spring safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)
9- Bouchereau, A., Clossais, B.N., Bensaoud, A., Beport, L., and Renard, M. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy 5: 19-30.
10- Brussard, L., and Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis Publishers, USA.
11- Chandrasekar, B.R., Ambrose, G., and Jayabalan, N. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb.) Link. Journal of Agricultural Technology 1(2): 223-234.
12- Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/ or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International workshop on sustained Management of the Soil Rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer Use. October 2007 pp. 16-20.
13- Dwivedi, S.L., Nigam, S.N., Rao, R.C.N., Singh, U., and Rao, K.V.S. 1996. Effect of drought on oil, fatty acids and protein contents of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. Field Crops Research 48: 125-133.
14- Ghafari, S., Poor Yusuf, M., and Hasanzadeh, A. 2010. Biological fertilizers and their impact in reducing consumption chemical fertilizers and environmental protection. National Conference on Biological Diversity and its Effect on the Agriculture and Environment. Urmia, Iran 08 August 2010, 1241 pp. (In Persian with English Summary)
15- Gilik, B.R., Penrose, D., and Wenbo, M. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances 19: 135-138.
16- Hadi, H., Babaei, N., Daneshian, J., Arzanesh, M.H., Hamidi, A. 2011. Effects of *Azospirillum lipoferum* on seedling characteristics derived from sunflower (*Helianthus annus* L.) seed water deficit conditions. Agroecology 3(3): 320-327. (In Persian with English Summary)
17- Haghighat Nia, S. 2011. Evaluation of some agronomic characters and yield of spring safflower cultivars under different irrigation regimes in Urmia condition. MSc. dissertation, Faculty of Agriculture, Oroomieh University, Iran. (In Persian with English Summary)
18- Hayashi, H., and Hanada, K. 1985. Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. Japanese Journal of Crop Science 54: 346-352.
19- Iranian Vegetable Oil Industry Association (IVOI). 2011. Available at Web site http://dpea.moc.gov.ir/shownews.asp?News-id=531821572. (Verified 10 June 2012)
20- Jalilian. J., Modarres Sanavy, S.A.M., Saberali, S.F., and Asilan, K.S. 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research 127: 26–34.
21- Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iranian Journal of Field Crops Research 1: 121-131. (In Persian with English Summary)
22- Khajeh Pour, M.R. 2004. Industrial Crops. Jihad University Press. Isfahan University of Technology. Iran 571 pp (In Persian)
23- Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayneband, A., Shiranirad, H., and Rejali, F. 2008. Effects of inoculation with *azotobacter* and mycorrhiza and different levels of nitrogen and phosphorous on grain yield and its components in spring safflower. The 10th Iranian Crop Production and Breeding Congress. Karaj, Iran. 18-20 August, 2008. p. 413. (In Persian)
24- Naghavi Maremati, A., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Salak Gilani, S. 2007. Effect of different rate and type

of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of different rice cultivars. 10th Iranian Conference of Soil Science, Tehran, Iran pp. 766-767. (In Persian)
25- Omidi, A.H. 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Production Journal 25(2): 15-31. (In Persian)
26- Rajendran, K., and Devarj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.
27- SAS Institute. 2003. The SAS system for Windows. Release 9.1. SAS Institute. Cary, NC.
28- Shyalaja, J., and Swarajyalakshmi, G. 2004. Response of sunflower to conjunctive use of organic and chemical fertilizers on yield and quality parameters. Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development 19: 88-90.
29- Singh, V.D., Shamrma, S.K., and Verma, B.L. 1995. Response of safflower to irrigation and phosphorus. India Journal of Agronomy 40: 459-464.
30- Tanaka, D.L., Riveland, N.R., Bergman, J.W., and Schneiter, A.A. 1997. Safflower plant development stages. IVth International Safflower Conference, Bari. 2-7 June.
31- Tohidi Moghadam, H., Ghoshchi, R.F., Hamidi, A., and Kasraey, P. 2007. Influence of biofertilizer application on quantity and quality characteristics of soybean. Iranian Journal of Dynamic Agriculture 4(2): 205-216. (In Persian with English Summary)
32- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil 255: 571-586.
33- Zainali, A. 1999. Safflower (Identification, Production and Consumption). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press, Gorgan, Iran 144 pp. (In Persian)